

素粒子理論グループ

著者	原 康夫, 岩崎 洋一, 宇川 彰
雑誌名	年次研究報告
巻	1996
ページ	1-11
発行年	1997-09
URL	http://hdl.handle.net/2241/13995

1. 素粒子理論グループ

教授 原 崇夫、岩崎 洋一、宇田 彰、菅 康吉

助教授 佐谷 和生、青木 信也

講師 河田 哲郎、小林 廣浩、吉江 友明

助手 伊藤 克司、石塚 成人

大学院生 11 名

【人事異動】

研究・教育・大学運営に貢献された原崇夫教授が平成9年3月31日をもって定年退職された。

【研究活動】

本研究室グループにおいては、格子ゲージ理論の数値的研究と、超対称場の理論の解析的研究と、その間に、本研究室活発な研究活動が行なわれた。

格子ゲージ理論では、平成7年度に開始された新プログラム研究(CP-PACS計画)が5年目の最終年度を迎え、超計算機(CP-PACS)の開発製作の完成と、完成機を用いた格子QCDの数値的研究が、中心的な活動をおこなった。初年度、平成8年4月に、プロセッサ内蔵1024・ピークスピード30T GFLOPSの構成で稼働を開始したが、その後プロセッサ台数の増強が行われ、9月末に2048プロセッサ・ピークスピード64 GFLOPSの最新構成機が完成した。その直後に行なわれたLinpackベンチマークテストでは、2682 GFLOPSを記録し、その時点での世界最高速度を達成した。格点QCDへの応用としては、平成8年中はクォーク近似での人型機ハードウェア計算に主力が注がれ、平成9年始めからはfull QCDの計算も開始されている。平成9年3月には、「新プログラム研究の総括の一環として国際ワークショップ「Lattice QCD on Parallel Computers」が国外21名・国内23名の参加の下に筑波物理学研究センターに於いて開催され、CP-PACSによる最初の結果がその場で発表された。

以上の活動と共に、高エネルギー物理学研究所のベクトル型並列計算機VPP500/80を用いた格子QCDの共同研究も引き続き進められ、現在建設中のJファクトリの極端速の現象論的実験に基盤となる量子場理論の決定を中心目標にも提供シミュレーションが実行されている。さらに、本研究室情報センターVPP500/30も有効利用され、上に有限温度格子QCDの数値的研究が押し進められた。

超対称場の理論では、超対称ゲージ理論の非摂動的真空構造の解析的研究が中心課題となった。この分野は、現在、超対称性の物理と深く関連し、著しく活発化している。超対称理論の非摂動的ノリオン効果であるD-brane上の低エネルギー場の理論として様々な次元の超対称ゲージ理論が実現され、ゲージ理論の非可換性、フレーバー対称性、非自明固定点についての新しい現象が超弦の非摂動的力学の研究からもたらされている。このような状況の中で、D-1超対称性を用いたN=3理論の研究、インスタントン計算によるSeiberg-Witten 場の非摂動的基礎付け、例外群N=2 Seiberg-Witten 曲線の導出とその応用、さらにCalabi-Yau多様体のミラー予想と平坦化について活発に研究が行われた。

以上の二分野に加え、量子力学基礎論的研究も引き続き進められている。

1. 素粒子理論グループ

教授 原 康夫、岩崎 洋一、宇川 彰、梁 成吉

助教授 金谷 和至、青木 慎也

講師 沢田 哲雄、小林 庸浩、吉江 友照

助手 伊藤 克司、石塚 成人

大学院生 11 名

【人事異動】

研究・教育・大学運営の全ての面にわたって活躍を続けて来られた原康夫教授が平成 9 年 3 月 31 日をもって定年退官された。

【研究活動】

素粒子理論グループにおいては、格子ゲージ理論の数値的研究と、超対称場の理論の数値的研究を二本の柱に、本年度も活発な研究活動が行なわれた。

格子ゲージ理論では、平成 4 年度に開始された新プログラム研究 CP-PACS 計画が 5 年目の最終年度を迎え、超並列計算機 CP-PACS の開発製作の完成と、完成機を用いた格子 QCD の数値的研究が、中心的な活動を占めた。同機は、平成 8 年 4 月に、プロセッサ台数 1024・ピークスピード 307 GFLOPS の構成で稼働を開始したが、その後プロセッサ台数の増強が行なわれ、9 月末に 2048 プロセッサ・ピークスピード 614 GFLOPS の最終構成機が完成した。その直後に行なわれた Linpack ベンチマークテストでは、368.2 GFLOPS を記録し、その時点での世界最高速度を達成した。格子 QCD への応用としては、平成 8 年中はクエンチ近似での大規模ハドロン質量計算に主力が注がれ、平成 9 年初めからは full QCD の計算も開始されている。平成 9 年 3 月には、新プログラム研究の総括の一環として国際ワークショップ「Lattice QCD on Parallel Computers」が国外 23 名・国内 25 名の参加の下に計算物理学研究センターに於いて開催され、CP-PACS による最初の結果がその席上発表された。

以上の活動と並び、高エネルギー物理学研究所のベクトル型並列計算機 VPP500/80 を用いた格子 QCD の共同研究も引続き追求され、現在建設中の B ファクトリの稼働後の現象論的解析に重要となる B 中間子諸量の決定を中心目標に大規模シミュレーションが実行されている。さらに、本学学術情報センター VPP500/30 も有効利用され、主に有限温度格子 QCD の数値的研究が押し進められた。

超対称場の理論では、超対称ゲージ理論の非摂動的真空構造の数値的研究が中心課題となった。この分野は、現在、超弦双対性の物理と深く関連して著しく進展している。超弦理論の非摂動的ソリトン励起である D-brane 上の低エネルギー場の理論として様々な次元の超対称ゲージ理論が実現され、ゲージ理論の非可換双対性、フレーバー対称性、非自明固定点についての新しい理解が超弦の非摂動的力学の研究からもたらされている。このような状況の下で、 $N=1$ 超対称性を用いた $N=2$ 理論の研究、インスタントン計算による Seiberg-Witten 解の微視的基礎付け、例外群 $N=2$ Seiberg-Witten 曲線の導出とその応用、さらに Calabi-Yau 多様体のミラー写像と平坦座標について活発に研究が行われた。

以上の二分野に加え、量子力学基礎論の研究も引続き追求されている。

【1】 格子ゲージ理論

(岩崎 洋一、宇川 彰、金谷 和至、青木 慎也、吉江 友照、石塚 成人)

強い相互作用の基礎理論である QCD の数値的研究を中心に研究が進められた。本年度の主な成果としては、(1) 数値的研究の基礎手段としての超並列計算機 CP-PACS 開発製作が完了し、またそれを用いて最初の物理計算がほぼ計画どおり進められたこと、(2) 高エネルギー重イオン衝突実験でその検証が目論まれている有限温度 QCD 相転移に関して、Wilson 型クォーク作用を用いた場合の研究が進展を見たこと、(3) 電弱相互作用に於ける CP 非保存の問題など、素粒子標準模型全体にとって重要なハドロンの電弱遷移行列要素に対する強い相互作用補正の研究が着実に進められたこと、が挙げられる。また、カイラルフェルミオンの非摂動的定式化の問題、電弱相互作用の対称性を破る相転移についても興味ある結果が得られた。

(1) 超並列計算機 CP-PACS の開発製作とそれによる格子 QCD の研究

新プログラム課題「専用並列計算機による「場の物理」の研究」により、平成 4 年度より開発製作が進められてきた超並列計算機 CP-PACS は、平成 8 年 4 月より 1024 プロセッサ構成で稼働を始め、平成 8 年 9 月末には 2048 プロセッサ・614 GFLOPS の最終構成機の完成を見た。これに伴い、平成 8 年度当初には、実機を用いての基礎性能評価・CP-PACS 用の格子 QCD シミュレーションプログラムの開発・テストランを行なった。これらの準備に引続き、平成 8 年 7 月よりは、CP-PACS を用いて軽いハドロンの質量スペクトラムの計算を開始した。また、平成 9 年初頭からは、full QCD シミュレーションを始めている(論文 5,10,11,15)。これらの物理計算の結果は、1997 年 3 月 10 日ー15 日に計算物理学研究センターで開催した国際ワークショップ「Lattice QCD on Parallel Computers」にて報告された。さらに、1997 年 3 月 26 日ー27 日に開催された研究会「並列計算機による物理学」において、物理の結果を含めた CP-PACS プロジェクトの総合報告を行なった。

(2) 格子 QCD の有限温度相転移のフレーバー数依存性

Wilson クォーク作用を用いた格子 QCD の数値シミュレーションにより、有限温度の非閉じ込め相転移をカイラル極限で調べ、その相転移の次数がフレーバ数が 3 以上 6 以下の時には 1 次だが、フレーバー数が 2 の時には連続的であることを示した。この結果は理論的に予想されているフレーバー数依存性(3 以上では 1 次転移で、2 の時は不定性もあるがおそらく 2 次転移)と一致する。また、質量のない u, d クォークと有限な質量の s クォークがある場合を調べ、 s クォーク質量を現実の値である 150 MeV の周辺で 0ー400 MeV まで変化させても相転移次数が 1 次であることを明らかにした(論文 1,2,3,5,9)。

(3) 改良された作用によるフレーバー数 2 の格子 QCD の有限温度相転移のスケーリング

フレーバー数が 2 の QCD 有限温度相転移がカイラル極限で 2 次相転移なら、この相転移は 3 次元 $O(4)$ スピン模型の相転移と同じユニバーサリティークラスに属すると期待されている。Staggered クォークを使った研究では期待されるスケーリングが見られるという報告があったが、フレーバー構造がより自然な Wilson クォークの標準作用を使ったシミュレーションでは、連続極限からのずれが大きいので、期待されるスケーリングを現在の格子上では見ることができない。ここではより連続極限に近くなるように改良された格子ゲージ作用を使って有限温度相転移がどのようなようになるかを研究した。標準作用の場合に連続極限からのずれと考えられていた現象が、改良された作用を用いると消えることを示した(論文 4,6,7)。さらに、カイラルオーダーパラメータを計算し、 $O(4)$ の臨界指数を持ったスケーリングを満たしていることを示し

た(論文7,12,13,16)。

(4) 格子上のハドロン質量と崩壊係数の精密測定

格子 QCD のクエンチ近似でのハドロン質量を数パーセントの精度で求めるためには、フィット領域を変化させた系統的な研究により、励起状態の影響を正確に評価する必要がある事を示した。並列計算機 QCDPAX を用いた大規模数値シミュレーションにより得られたデータを用いて、ハドロン質量と崩壊係数の系統的研究を行い、連続極限における値を精密計算した(論文8)。

(5) 改良された作用による SU(3) ゲージ理論におけるクォークポテンシャル

SU(3) ゲージ理論における重いクォークの閉じ込めポテンシャルの計算は格子理論のスケールを決定する上で重要である。標準格子作用を用いた計算では、格子間隔がかなり小さくならないと、連続極限で期待するポテンシャルの回転対称性やスケーリングの性質が見られないことが知られている。我々はポテンシャルを、連続極限により近いと期待される改良された作用を用いて計算し、格子間隔が 0.23 fm の粗い格子でも、回転対称性やスケーリングが高い精度で実現している事を示した。これから計算されるストリングテンション σ を用いて、SU(3) ゲージ理論の相転移温度を計算し、 $T_c/\sqrt{\sigma} = 0.656(4)$ を得た(論文13,17)。

(6) QCD の真空構造におけるフレーバー数依存性

Wilson クォーク作用を用いた格子 QCD の数値シミュレーションによりクォークの閉じ込めとフレーバー数 N_F の関係の研究を行なった。我々の以前の研究により、 $N_F \geq 7$ の場合強結合極限でもクォークが閉じ込められないことが示されているが、それを有限のゲージ結合定数の場合に拡張し、フレーバー数 300 までのシミュレーションを行なった。 $N_F \geq 7$ の場合のクォークが軽い領域で出現する非閉じ込め相における物理量の振る舞いが、自由 Wilson クォークの $K > K_c$ におけるそれとよく似ていることを示した。また $N_F = 240$ の場合の非閉じ込め相における繰り込み群の流れが、強結合領域においても摂動論の結果となめらかにつながる速さであり、結合定数の全域で固定点を持たない赤外自由な理論(自明な理論)であるらしい事を示した。これらは、 $7 \leq N_F \leq 16$ で 赤外固定点が存在することを示唆する(論文14)。

(7) パリティ・フレーバー対称性の破れと格子 QCD の相構造

Wilson フェルミオン作用を用いた格子 QCD の相構造は、パリティ・フレーバー対称性の自発的破れに基づいて理解できることが明らかになりつつある。この理解をさらに深めることを目的として、ゼロ温度の場合(論文22)と有限温度の場合(論文26)の数値シミュレーションを実行し、特に有限温度相転移のフレーバー数依存性について、フレーバー数2の場合と4の場合の差異を調べた。

(8) K 中間子のバグパラメタ

K 中間子のバグパラメタ B_K は、電弱相互作用の Cabibbo- 小林- 益川クォーク混合行列中の CP 非保存パラメタの決定に重要である。この量のクエンチ近似内での値を決定するための系統的な数値シミュレーションを実行した。クォーク作用としては Kogut- Susskind 型と Wilson 型の双方を用い、後者については、カイラル対称性の破れに対処するために、chiral Ward 恒等式に基づく方法を開発して計算を行なった。両者ともに連続極限への系統的外挿を行ない、その結果は、良い一致を示している(論文24,25)。

(9) 重いクォークを含む中間子の崩壊定数

重いクォークと軽いクォークでできた B 中間子や D 中間子の崩壊定数も電弱相互作用の今後の研究に重要な諸量である。格子 QCD による計算では、重いクォークに伴う

系統誤差の制御が信頼できる値の導出に肝要である。この点の検討のため、Wilson 型クォーク作用による計算を三つの格子間隔と広い範囲の重いクォーク質量に対して行ない、系統誤差の大きさと連続極限の外挿値の信頼性を評価した（論文 24,27）。

(10) ハドロンのスペクトル諸量

軽いクォークからなるハドロンの質量、崩壊定数、クォーク質量については、それらの連続極限への近づき方と極限值に関し、いくつかの興味ある問題がある。上記 (8) と (9) の計算は、副産物として、これらの量を広い格子間隔の範囲にわたり与える。このデータを基に、これらの諸量の連続極限への外挿に関係する問題を論じた（論文 28）。

(11) 核子のテンソルチャージ

格子 QCD の数値計算で核子のテンソルチャージを計算し、フレーバー 1 重項の寄与が小さいことを示した（論文 21）。

(12) 格子上のカイラルゲージ理論

格子上にカイラルゲージ理論を定式化する方法であるドメインウォール・フェルミオンの性質を摂動的な方法（論文 19）で研究した。また、ゲージ場のダイナミクスがフェルミオンのゼロモードに与える影響を数値計算（論文 20,23）で調べ、ゲージ場がランダムになるとゼロモードが消失することを示した。

(13) 電弱理論の有限温度相転移

電弱理論の有限温度相転移について、格子上で定義された SU(2) ゲージ-ヒッグス模型を用いた数値シミュレーションを行い、ヒッグスボゾン質量を変えたときの、相転移の性質と、相転移に纏わる物理量の変化を調べた（論文 29）。

【2】 超対称ゲージ理論、2次元位相的場の理論

（梁 成吉、伊藤 克司）

この数年、超対称ゲージ理論や超弦理論の非摂動的性質が次々と明らかにされてきており、この分野は活況を呈している。とくに、 $N=2$ 超対称性は時空 4 次元のみならず、2, 3, 5, 6 次元でもその威力を発揮し、超対称性の物理の中でも際立った特質をもち、可積分ソリトン方程式、位相的場の理論、高次元共形場の理論、 $N=1$ ゲージ理論などと深い関係にある。超弦双対性の観点からも Calabi-Yau 多様体の幾何と物理を結び付ける役割を果たし、そこから $N=2$ Seiberg-Witten 解の幾何学的特徴付けも見えるようになってきた。このような研究動向を反映して、今年度も $N=2$ 超対称性の物理の研究に焦点が当てられ、超対称ゲージ理論の真空構造の様々な側面、インスタントン計算による解析、位相的場の理論とミラー対称性について新しい研究成果が得られた。

(1) 閉じ込め相ポテンシャルと $N=2$ クーロン相

梁と寺嶋は、随伴表現のカイラル多重項をもつ $N=1$ 超対称ゲージ理論の閉じ込め相を記述するスーパーポテンシャルを、すべての古典ゲージ群 $SU(N)$, $SO(N)$, $Sp(2N)$ の場合に構成し、真空状態が $N=2$ 超対称ゲージ理論のクーロン相における特異点を与えることを示した（論文 32）。さらに、梁と寺嶋は北尾（東大）と共に、上記の結果を拡張・応用し、基本表現に属するハイパー多重項をもつ $N=2$ QCD のクーロン相の特異点を決める閉じ込め相ポテンシャルを導いた（論文 34）。

(2) E_6 型特異点の新しい記述

梁は江口（東大）と共に、 E_6 型特異点に対応する 2 次元位相的 Landau-Ginzburg 場の理論の新しい記述を得た（論文 33）。通常、 E_6 型特異点は 2 変数を用いて表され

るが、新しい超ポテンシャルは1変数の無理式で、4次元のヘテロ/II型超弦の双対性から導かれる E_6 型 Seiberg-Witten 曲線に関連するものである。この結果は E_6 型 KdV 階層性についても、新しい知見をもたらすものと期待される。

(3) 例外型 Seiberg-Witten 曲線

梁は Warner (Univ. of Southern California) と共に、例外群をゲージ群としてもつ $N=2$ ゲージ理論の Seiberg-Witten 曲線を考察した。Calabi-Yau 多様体の E_7 特異点を記述する ALE fibration より、 E_7 Seiberg-Witten 曲線を導き、この結果と分解 $E_7 \subset E_6 \times U(1)$ のもとでの Casimir 不変量が満たす関係式との等価性を見出した。同様の方法は、 E_8 の場合にも応用される。

(4) $N=2$ 超対称 Yang-Mills 理論の非摂動論的構造

$N=2$ 超対称 Yang-Mills 理論の低エネルギー有効理論は、プレポテンシャルと呼ばれるヒッグス場の正則関数で特徴付けられる。双対性と正則性から厳密に決定されたプレポテンシャルにより、弱結合領域でフェルミオンの相関関数の振る舞いが予言できる。これは通常の場合の理論の Instanton 計算で確かめられる物理量であり、この寄与を計算することは厳密解を導く際に用いられた仮定の非自明な検証になる。笹倉直樹 (KEK/ 東北大) と私は、1-instanton 効果から導かれる fermion の4点関数を一般のゲージ群の場合や $SU(N_c)$ 超対称 QCD の場合に計算し、それが厳密解による結果と一致していることを確かめた (論文 35,36,37)。

(5) Calabi-Yau 多様体のミラー写像と Gauss-Manin 方程式

野口は Calabi-Yau 多様体上の周期積分の満たす Gauss-Manin 方程式をモジュライ空間の平坦座標を用いて書き直すことにより、通常の Picard-Fuchs 方程式のみならずミラー写像の満たすべき非線型微分方程式を導出した (論文 38)。さらに、この方法を Fermat 型の 1-モジュライ、2-モジュライ Calabi-Yau 多様体に応用し、位相的相関関数を決定した。

【3】物理学基礎論

(小林 庸浩)

量子力学で計算される量を実験と比較するためには、量子状態間の干渉を消すために何らかの非干渉性を導く機構が必要で。この非干渉性導出の機構には、種々の異なる機構が存在するが、特に、熱浴による非干渉性の導出について、詳しく調べた。。

(1) 熱浴による非干渉性の導出

小林は、物理空間は無限に多くの熱力学的部分空間により覆われており、その無限に多くの部分空間に関する平均により非干渉性が導かれることを示した (論文 39)。

(2) 熱浴の超準解析による記述

熱浴は無限自由度系で記述されなければならない。小林は、熱浴の無限自由度系が超準解析の超冪により表現されることを示した (論文 40)。

(3) 準静的過程の量子力学による記述

小林は、熱力学の準静的過程を完全に量子力学的に記述できることを示し、温度の変化を量子力学で計算した (論文 40,41)。

(4) フェルミオン系の熱力学

小林は、フェルミオン系では負の温度があらわれることを示した。しかし、負の温度においてもカノニカル分布で表されることを示した (論文 40,42)。

<論文>

1. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Sakai, and T. Yoshié, Chiral phase transition in lattice QCD with Wilson quarks, *Z. Phys. C* 71, No.2 (1996) 337-341
2. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Kaya, S. Sakai, and T. Yoshié, QCD phase transition with strange quark in Wilson formalism for fermions, *Z. Phys. C* 71, No.2 (1996) 343-346
3. K. Kanaya, Finite temperature phase transition in QCD with strange quark: study with Wilson fermions on the lattice, Confinement 95, proceedings of international RCNP workshop on color confinement and hadrons (eds. H. Toki, Y. Mizuno, H. Suganuma, T. Suzuki, and O. Miyamura, World Scientific, Singapour), (1996) 119-126
4. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Kaya, S. Sakai, and T. Yoshié, Finite temperature QCD with Wilson quarks: A study with a renormalization group improved action, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 47 (1996) 515-518
5. T. Yoshié, Benchmark test of CP-PACS for lattice QCD, *Prog. Theor. Phys. Suppl.* 122 (1996) 8-24
6. K. Kanaya, QCD phase transition with two flavors of Wilson quarks using a RG improved action, *Prog. Theor. Phys. Suppl.* 122 (1996) 115-122
7. K. Kanaya, Finite temperature QCD on the lattice, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 47 (1996) 144-159
8. QCDPAX collaboration: Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Yoshié, T. Hoshino, T. Shirakawa, Y. Oyanagi, S. Ichii, and T. Kawai, Hadron masses and decay constants with Wilson quarks at $\beta = 5.85$ and 6.0, *Phys. Rev. D* 53, No.11 (1996) 6443-6464
9. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Kaya, S. Sakai, and T. Yoshié, Finite temperature transition in lattice QCD with Wilson quarks — chiral transitions and the influence of the strange quark —, *Phys. Rev. D* 54, No.11 (1996) 7010-7031
10. Y. Iwasaki, The CP-PACS Parallel Computer Project, to be published in *Proceedings of International Conference of Multi-Scale Phenomena and Their Simulation*, World Scientific (1997)
11. Y. Iwasaki, The CP-PACS Project and Computational Physics, to be published in *Proceedings of International Symposium on Parallel Computing in Engineering and Science*, Science and Technology Agency (1997)
12. K. Kanaya, Simulations of the finite temperature QCD phase transition on the lattice, to be published in *Proceedings of International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies in the Universe*, Jan. 18-20, 1996, Atami, Japan (eds. T. Kajino and S. Kubono, World Scientific, Singapour), (1997)
13. Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, and T. Yoshié, Scaling of the critical temperature and quark potential with a renormalization group improved SU(3) gauge action, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 53 (1997) 429-431
14. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Kaya, S. Sakai, and T. Yoshié, Phase structure of QCD for general number of flavors, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 53 (1997) 449-455

15. Y. Iwasaki, Status of the CP-PACS project,
Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 53 (1997) 1007-1009
16. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Kaya, and T. Yoshié, Scaling of chiral order parameter in two-flavor QCD, Phys. Rev. Lett. 78, No.2 (1997) 179-182
17. Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, and T. Yoshié, Scaling in SU(3) pure gauge theory with a renormalization group improved action, Phys. Rev. D, *in press*
18. A. Ukawa, Finite-temperature QCD on the lattice,
Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 53 (1997) 106-119
19. S. Aoki and H. Hirose, Perturbative analyses for domain-wall fermions,
Phys. Rev. D54 (1996) 3471-3487
20. S. Aoki and K. Nagai, Chiral zero modes on the domain-wall model in 4+1 dimensions, Phys. Rev. D, *in press*
21. S. Aoki, M. Doui, T. Hatsuda and Y. Kuramashi, Tensor Charge of the Nucleon in Lattice QCD, Phys. Rev. D, *in press*
22. S. Aoki, On the Phase structure of QCD with Wilson fermions,
Prog. Theor. Phys. Supplement 122 (1996) 179-186
23. S. Aoki and K. Nagai, Domain-wall fermions with U(1) dynamical gauge fields in (4+1)-dimensions, Nucl. Phys. B(Proc. Suppl.) 53 (1996) 635-637
24. S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, H. Mino, M. Okawa, A. Ukawa, T. Yoshi, Toward the Continuum Limit of B_K with the Quenched Kogut-Susskind Quark Action,
Nucl. Phys. B(Proc. Suppl.) 53 (1996) 341-344
25. S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, H. Mino, M. Okawa, A. Ukawa, T. Yoshi, B_K with the Wilson quark action: a non-perturbative resolution of operator mixing using chiral Ward identities,
Nucl. Phys. B(Proc. Suppl.) 53 (1996) 349-351
26. S. Aoki, T. Kaneda, A. Ukawa and T. Umemura, Finite-temperature phase structure of lattice QCD with the Wilson quark action for two and four flavors,
Nucl. Phys. B(Proc. Suppl.) 53 (1996) 438-441
27. S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, H. Mino, M. Okawa, A. Ukawa, T. Yoshi,
Continuum limit of the heavy-light decay constant with the quenched Wilson quark action, Nucl. Phys. B(Proc. Suppl.) 53 (1996) 355-357
28. S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, H. Mino, M. Okawa, A. Ukawa, T. Yoshi, Topics in light hadron mass spectrum in quenched QCD Nucl. Phys. B(Proc. Suppl.) 53 (1996) 209-211
29. Y. Aoki, Four-dimensional Simulation of the Hot Electroweak Phase Transition with the SU(2) Gauge-Higgs Model, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 53 (1997) 609-611
30. T. Eguchi, K. Hori, K. Ito and S.-K. Yang, Study of $N = 2$ Superconformal Field Theories in 4 Dimensions, Nucl. Phys. B471 (1996) 430-442

31. K. Ito and S.-K. Yang, Picard-Fuchs equations and Prepotentials in $N = 2$ Supersymmetric QCD, Proceedings of the workshop "Frontiers in Quantum Field Theory" p. 331-342 (World Scientific, Singapore 1996)
32. S. Terashima and S.-K. Yang, Confining Phase of $N = 1$ Supersymmetric Gauge Theories and $N = 2$ Massless Solitons, Phys. Lett. B391 (1997) 107-114
33. T. Eguchi and S.-K. Yang, A New Description of the E_6 Singularity, Phys. Lett. B394 (1997) 315-322
34. T. Kitao, S. Terashima and S.-K. Yang, $N=2$ Curves and a Coulomb Phase in $N=1$ SUSY Gauge Theories with Adjoint and Fundamental Matters, Phys. Lett. B, *in press*
35. K. Ito and N. Sasakura, One-instanton calculations in $N = 2$ $SU(N_c)$ supersymmetric Yang-Mills theory, Phys. Lett. B382 (1996) 95-103
36. K. Ito and N. Sasakura, Exact and microscopic one-instanton calculations in $N = 2$ supersymmetric Yang-Mills theories, Nucl. Phys. B471 (1997) 430-442
37. K. Ito and N. Sasakura, One-instanton calculations in $N = 2$ $SU(N_c)$ supersymmetric QCD, Mod. Phys. Lett. A12 (1997) 205-216
38. M. Noguchi, Mirror Symmetry of Calabi-Yau Manifolds and Flat Coordinates, Int. J. Mod. Phys. A, *in press*
39. T. Kobayashi, On the quantum mechanical description of thermal equilibrium in terms of relative-phase interactions, Phys. Lett. A222 (1996) 26-30
40. T. Kobayashi, Relative-Phase ntrravions and Decoherence of Quantum States in Thermal Equilibrium Proceedings of SPIE's Annual International Symposium on Photonic Quantum Computing, Vol. 3074 (1997), *in press*
41. T. Kobayashi, Quantum Mechanical Description of A Quasi-Static Process and An Application to Change of Temperatures, Jour. Stat. Phys. (1997), *in press*
42. T. Kobayashi, A Model for Quantum-Mechanical Description of Thermal Equilibriums for Fermion Systems, Jour. Stat. Phys. (1997), *in press*

< 著書・総説等 >

1. 梁 成吉 「キーポイント 行列と変換群」 岩波書店 1996年, 177頁

< 学位論文 >

博士論文

1. 榎 昌吾
「Phase Structure of QCD for General Number of Flavors」
2. 長井 敬一
「Numerical Study of the Domain-Wall Model for Construction of Lattice Chiral Gauge Theories」

3. 野口 雅之

「Topological Correlation Functions in Two-Dimentional $N=2$ Supersymmetric Field Theories」

<講演>

[国外]

1. 岩崎洋一「First Results from CP-PACS」 The XIV International Symposium on Lattice Field Theory (St. Louis, MO, USA, June 4-8, 1996)
2. 岩崎洋一「The CP-PACS Parallel Computer Project」 Multi-Scale Phenomena and Thier Simulations (ZiF, Bielefeld, Germany, Sept.30 - Oct. 4, 1996)
3. 岩崎洋一「Phase Structure of Lattice QCD for General Number of Flavors」 International Workshop on Perspectives of Strong Coupling Gauge Theories (Nagoya Univ., Nagoya, Japan, Nov. 13 - Nov. 16, 1996)
4. 岩崎洋一「The CP-PACS Project and Computational Physics」 International Symposium on Parallel Computing in Engineering and Science (Science and Technology Agency, Tokyo, Japan, Jan. 27 -28, 1997)
5. 宇川 彰「Finite-temperature QCD on the lattice」 The XIV International Symposium on Lattice Field Theory (St. Louis, MO, USA, June 4-8, 1996)
6. 宇川 彰「Thermodynamics and the Lattice - Overall View - 」 RHIC'96 Theory Workshop (BNL, USA, July 8-19, 1996)
7. 宇川 彰「Recent Progress in Lattice QCD」 1996 UK Theory Institute (Durham, August 25-September 14, 1996)
8. 梁 成吉「 $N=2$ Superconformal Field Theories in Four Dimensions」 Inauguration Conference of APCTP (Seoul, Korea, June 1996)
9. 梁 成吉「 $N=2$ Superconformal Field Theories in Four Dimensions」 3rd International Conference on Conformal Field Theory, Integrable Models, and Strings (Moscow, Russia, June 1996)
10. 金谷和至「Phase structure of QCD with general number of flavors」 The XIV International Symposium on Lattice Field Theory (St. Louis, MO, USA, June 4-8, 1996)
11. 金谷和至「Full QCD simulations on the CP-PACS」 International Workshop "Lattice QCD on Parallel Computers" (Tsukuba, Japan, March 10-15, 1997)
12. 金谷和至「Finite temperature QCD transition -simulations on the lattice-」 International Conference on Physics and Astrophysics of Quark-Gluon Plasma (Jaipur, India, March 17-21, 1997)
13. 青木慎也「Toward the Continuum Limit of B_K with the Quenched Kogut-Susskind Quark Action」 The XIV International Symposium on Lattice Field Theory (St. Louis, MO, USA, June 4-8, 1996)
14. 小林庸浩「Relative-Phase Interactions and Decoherence of Quantum states」 Third International Conference on Quantum Communication and Measurements (Shizuoka, Japan, Sept.25-30, 1996)

15. 小林庸浩「Relative-Phase Interactions and Decoherence of Quantum states in Thermal Equilibriums」 Symposium on Photonic Quantum Computing (Orlando, USA, Apr. 21-26, 1997)
16. 吉江友照「Topics in Light Hadron Mass Spectrum in Quenched QCD」 The XIV International Symposium on Lattice Field Theory (St. Louis, MO, USA, June 4-8, 1996)
17. 吉江友照「CP-PACS Results with the Wilson Action」 International Workshop "Lattice QCD on Parallel Computers" (Tsukuba, Japan, March 10-15, 1997)
18. 伊藤克司「One Instanton calculus in $N=2$ Supersymmetric gauge theories」 Winter School on DUALITIES OF GAUGE AND STRING THEORIES (Sokcho, Korea, February 17-28, 1997)
19. 梶 昌吾「Finite temperature transition with the Wilson quark action and a RG improved gauge action」 The XIV International Symposium on Lattice Field Theory (St. Louis, MO, USA, June 4-8, 1996)
20. 青木保道「Finite Temperature Phase Transition of the 4d $SU(2)$ Higgs Model」 The XIV International Symposium on Lattice Field Theory (St. Louis, MO, USA, June 4-8, 1996)
21. 金兎隆志「Finite temperature transition in the $SU(3)$ pure gauge theory with a renormalization group improved action」 The XIV International Symposium on Lattice Field Theory (St. Louis, MO, USA, June 4-8, 1996)

[国内]

1. 梁 成吉「 $N=2$ SUSY and SCFT in 4D」 京大基研研究会 (京都、1996年7月)
2. 梁 成吉「Brane Probe」 重点領域研究会 (伊豆、1996年11月)
3. 梁 成吉「The Structure of Vacua in SUSY Gauge Field Theories」 京大基研研究会 (京都、1996年12月)
4. 梁 成吉「4次元 $N=2$ 超対称ゲージ理論の Seberg-Witten 解」 日大文理研究会 (東京、1997年1月)
5. 梁 成吉「超対称ゲージ理論の進展：この1年間」 東大理研究会 (東京、1997年2月)
6. 梁 成吉「 $N=2$ 超対称性：場の理論と弦理論」 重点領域研究会 (国際高等研、京阪奈、1997年2月)
7. 梁 成吉「2d TFT, 4d SW Geometry and String Duality」 KEK 研究会 (KEK、つくば、1997年3月)
8. 金谷和至「Phase structure of QCD on the lattice - T and N_f -dependence of the vacuum -」 基礎物理学研究所研究会「非摂動的量子色力学 - QCD の真空構造 -」 (京都大学、京都、1996年12月17-20日)
9. 金谷和至「CP-PACS による full QCD 計算」 筑波大学計算物理学研究センター研究会「並列計算機による物理学」 (筑波大学、つくば、1997年3月26-27日)

10. 青木慎也「Phase structure of Lattice QCD with Wilson fermion at finite temperature」筑波大学計算物理学研究センター研究会「並列計算機による物理学」
(筑波大学、つくば、1997年3月26-27日)
11. 吉江友照「格子ゲージ理論と非摂動論的 QCD」大阪大学核物理学研究センター夏の学校 '96 (大阪大学、大阪、1996年8月5-9日)
12. 吉江友照「Lattice QCD ハドロンスペクトロスコピー計算」筑波大学計算物理学研究センター研究会「並列計算機による物理学」
(筑波大学、つくば、1997年3月26-27日)
13. 吉江友照「Quenched QCD Hadron Spectrum on CP-PACS」日本物理学会年会 (名城大学、名古屋、1997年3月)
14. 伊藤克司「Instanton Calculus in $N = 2$ Supersymmetric Gauge Theories」Sapporo Winter School in Niseko '97 (ニセコ、1997年1月6-10日)
15. 石塚成人「Lattice calculation of $K \rightarrow \pi\pi$ decay amplitude」筑波大学計算物理学研究センター研究会「並列計算機による物理学」
(筑波大学、つくば、1997年3月26-27日)
16. 石塚成人「Lattice calculation of K meson non-leptonic decay amplitude with Wilson fermions」日本物理学会年会 (名城大学、名古屋、1997年3月)
17. 榎 昌吾「Phase structure of QCD with general number of flavors」
日本物理学会 (佐賀大学、佐賀、1996年10月6-9日)
18. 榎 昌吾「 $N_F = 2$ 及び 3 の有限温度 QCD の相構造」
日本物理学会年会 (名城大学、名古屋、1997年3月)
19. 金児隆志「Finite temperature transition in the $SU(3)$ pure gauge theory with a renormalization group improved action」
日本物理学会 (佐賀大学、佐賀、1996年10月6-9日)
20. 金児隆志「Numerical simulations in lattice QCD with improved actions on CP-PACS」日本物理学会年会 (名城大学、名古屋、1997年3月)
21. 青木保道「格子 $SU(2)$ ヒッグス模型における電弱理論の高温相転移」
日本物理学会 (佐賀大学、佐賀、1996年10月6-9日)
22. 青木保道「Hot Electroweak Phase Transition with the $SU(2)$ Gauge-Higgs model on the Lattice」第5回 KEK 理論研究会「CP 非保存とその起源」
(KEK、つくば、1997年3月6-7日)
23. 野口 雅之「Mirror Symmetry and Flat Coordinates」
日本物理学会分科会 (佐賀大学、佐賀、1996年10月)
24. 寺嶋 靖治「 $N=1$ 超対称ゲージ理論の閉じこめ相と $N=2$ massless monopole の関係」
日本物理学会分科会 (佐賀大学、佐賀、1996年10月)
25. 寺嶋 靖治「4 次元超対称ゲージ理論の Coulomb 相」
日本物理学会年会 (名城大学、名古屋、1997年3月)